

# 挂面纸包装机包装质量稳定性比较

## Study on the packaging quality stability of paper-packaging machines for Chinese dried noodles

宗向东<sup>1</sup> 付俊辉<sup>1</sup> 焦翠萍<sup>1</sup>

ZONG Xiang-dong<sup>1</sup> FU Jun-hui<sup>1</sup> JIAO Zui-ping<sup>1</sup>

王瑞斌<sup>2,3</sup> 赵博<sup>2,3</sup> 魏益民<sup>2,3</sup>

WANG Rui-bin<sup>2,3</sup> ZHAO Bo<sup>2,3</sup> WEI Yi-min<sup>2,3</sup>

(1. 登封市启明轩程控设备有限公司, 河南 登封 452470; 2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193;  
3. 农业农村部农产品加工重点实验室〔中国农业科学院〕, 北京 100193)

(1. Qimingxuan Processing-Control Equipment Co., Ltd., Dengfeng, Henan 452470, China;

2. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

3. Key Laboratory of Agro-Products Processing〔Chinese Academy of Agricultural Sciences〕, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100193, China)

**摘要:**为明确基于关键技术改进的挂面纸包装机的包装稳定性,满足挂面生产企业对纸包装挂面稳定性和效率的要求,以某面业公司挂面生产线包装车间为取样点,对2组不同机型(编号:HNQ、SDH)各4个机位开展在线挂面纸包装效果测定和分析。结果表明:实施了关键技术改进的HNQ包装机各机位包装挂面即时测定重量与SDH包装机无显著差异,而且机位间差异较小,表明两类设备称重的稳定性较高。与SDH包装机相比,HNQ包装机包装挂面每把的周长变异系数小,捆扎紧度的稳定性更高;SDH的H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub>机位包装挂面的周长差异较小,紧实度相似;HNQ包装机Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>机位包装挂面的周长差异较小,紧实度相似。HNQ包装机包装挂面端面感官效果明显优于SDH包装机。重量、周长变异系数,外观与底角以及端面感官评分可作为纸包装挂面包装效果的主要评价指标。裹卷技术、封尾装置等关键技术和设备的改进,显著地提升了挂面自动化纸包装机包装工艺稳定性及效果。

**关键词:**挂面;包装机械;纸包装;自动化;稳定性

**Abstract:** To determine the packaging quality stability of paper-packaging machines (HNQ) for Chinese dried noodles based on the key

technology improvement, and to meet demands from noodle industries to packaging stability and efficiency, the production lines of a dried noodles manufacturing industry were sampled for investigation. The packaging effects of two kinds of packaging machines (HNQ and SDH) and four same machines in a line were for each kind were tested and analyzed. The results showed that no significant difference in the instant weight of packaged noodles between the SDH packaging machines was found. The differences of coefficient variation (CV%) among four HNQ packaging machines were small, and this indicated the relatively high packaging stability for weighting of the two kinds of packaging machines (HNQ and SDH). In addition, compared to SDH packaging machines, each packaged noodle from HNQ packaging machines displayed smaller coefficient variation (CV%) of perimeter, and this confirmed the HNQ packaging machines with stabled perimeter. For four HNQ packaging machines, dried noodles from HNQ<sub>2</sub>, HNQ<sub>3</sub>, and HNQ<sub>4</sub> packaging machines had lower perimeter variance and similar tightness, which were similar with those of SDH<sub>1</sub>, SDH<sub>2</sub>, and SDH<sub>3</sub>. The surface sensory evaluation of packaged dried noodles from HNQ packaging machines was obviously better than that of SDH packaging machine. Weight, perimeter, appearance, as well as sensory scores could be used as the main evaluation parameters for packaging results of paper-packaging machines. Improvements such as wrapping techniques and sealing devices have significantly enhanced packaging result and stability of automatic paper-packaging machines for Chinese dried noodles.

**Keywords:** dried noodles; packaging machine; paper-packaging; automation; stability

**基金项目:**国家现代农业(小麦)产业技术体系专项(编号:CARS-02);中国农业科学院创新工程资助

**作者简介:**宗向东,男,大专。

**通信作者:**魏益民(1957—),男,中国农业科学院农产品加工研究所教授,博士。E-mail:weiyimin36@126.com

**收稿日期:**2018-06-26

挂面是中华民族的传统主食之一,也是中华饮食文化的重要载体<sup>[1-2]</sup>。挂面包装分为纸包装和塑封包装<sup>[3]</sup>。纸包装挂面主要包括手工包装和机械自动化包装<sup>[4]</sup>。手工包装需手工称量、取纸、涂胶送纸、卷搓、反复敦实和兜头处理,松紧度受工人熟练程度和个人感官影响<sup>[5-6]</sup>,包装效率低,难以保证同一批次各把挂面的包装紧度均匀一致。随着包装设备的更新和发展,挂面包装从手工纸包装逐步向自动化纸包装发展<sup>[4,7]</sup>。挂面纸包装机集机械、电子、气动技术为一体,操作方便、性能较为稳定。目前,人工包装采用的定长扎条已改为定长纸带或连续的机械卷带;胶黏方式亦改为机械自动跟踪定位刷胶黏合方式<sup>[8]</sup>,链条输送装置、称重传感器等的使用也保证了包装称重精确,输送稳定<sup>[9-10]</sup>。挂面包装纸握头机替代手工折边,通过气缸、横向整理装置、竖向整理装置等各元件协调工作,将筒状待封挂面包装纸端部握成折叠状,其性能稳定、可靠,握头封闭规整统一,工作效率高<sup>[11]</sup>。包装纸张自动递补装置亦可有效改善挂面纸包装机的包装效率。当挂面包装纸张用尽时,电机驱动包装纸张托架下移,及时补充挂面包装纸张;挂面包装纸张在包装过程中逐渐减少时,电机驱动包装纸张托架上移,使挂面包装纸张始终处于设定的位置,进而保证包装挂面端面平齐、美观,故障率降低<sup>[12]</sup>。另外,为满足不同消费者的需求,挂面生产企业需包装不同重量的挂面单包,包装机的捆扎装置也需捆扎出不同直径的单把挂面。传统捆扎装置上的机械抓手是由凸轮和定长的拉杆驱动,其行程固定决定了捆扎的直径范围不可改变,或者变动幅度很小。新改进的捆扎装置在拉杆上加装了弹簧,用来吸收包装大克重(大直径)挂面时多余的行程。以此实现对不同克重(不同直径)的挂面包装进行实时调节,具有一机多用、调节方便的特点<sup>[13]</sup>。

由于挂面生产线上生产挂面规格(宽度、厚度、花形)的变化,同一型号包装机对以上变化的适应性,以及每把挂面重量、捆扎紧度、包装外观质量的影响程度均存在差异<sup>[12]</sup>。市场上的挂面纸包装机的整体技术还在发展之中,包装挂面的紧实度等问题尚未解决<sup>[4,14]</sup>。调研发现,部分挂面纸包装机包装的挂面松紧度较差,挂面端面不平整,包装纸边缘不平整、折角不美观。为了改善挂面纸包装机在包装过程存在的上述问题,分别对某面业公司2条挂面生产线(SDH和HNQ)上各4台同型号包装机开展在线包装效果及稳定性调查和分析,评价采用专利技术后<sup>[11-13]</sup>挂面纸包装机包装效果及稳定性,和新老包装设备的优缺点,为挂面制造企业的设备制造、应用选择和维护等提供依据或参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 分析样品

纸包装挂面:某面业有限公司挂面生产线。

#### 1.1.2 主要仪器设备

挂面纸包装机:详见表1;

电子数显游标卡尺:0~150 mm,0.01 mm,深圳市深林

表1 挂面纸包装机设备信息

生产线	设备编号	取样位置	制造日期	采用专利
某挂面生产线 I	SDH	H <sub>1</sub> 、H <sub>2</sub> 、H <sub>3</sub> 、H <sub>4</sub> 机位	2012 年	—
某挂面生产线 II	HNQ	Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> 、Q <sub>3</sub> 、Q <sub>4</sub> 机位	2016 年	纸握头机、纸张自动递补装置、输送装置 <sup>[11-13]</sup>

精密仪器有限公司;

电子天平:TB-4002型,1/1 000,北京赛多利斯仪器系统有限公司。

### 1.2 抽样

选取某面业有限公司某挂面生产线 I 上 4 个机位挂面纸包装机(SDH, H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub>、H<sub>4</sub>);某挂面生产线 II 上 4 个机位挂面纸包装机(HNQ, Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>)。每台包装机每班连续抽取包装挂面样品 10 把。每天取样 2 次(上午 8 点、下午 14 点);连续抽样 3 d(6 个班次)。每个机位共计检测挂面样品 60 把。

### 1.3 样品测定

1.3.1 重量 用电子天平测定样品的重量;放置 24 h 后重复测定。

1.3.2 周长 用电子数显游标卡尺测定样品的直径  $D$ ;放置 24 h 后重复测定。根据式(1)计算周长。

$$L = D_2 \pi + 2(D_1 - D_2), \quad (1)$$

式中:

$L$ ——周长,mm;

$D_1$ ——长直径,mm;

$D_2$ ——短直径,mm。

1.3.3 感官评价 根据挂面样品纸包装外观评定其包装感官效果和挂面端面整齐度,分别赋予 3(优)、2(中)、1(差),按分值统计每把挂面外观分值。经调查和讨论总结的感官评价分值表见表 2。

### 1.4 统计分析

利用 Excel 2010 整理统计数据,并做分析。利用 SPSS 18.0 软件分析各测定参数的显著性( $P < 0.05$ )。

表2 感官评价评判分值表

分值	外观与底角	挂面端面
3	外观完好无损,纸接茬整齐;底角平整、粘贴牢固无开胶,成有规则圆形	端面平整
2	外观有破损,纸接茬较齐;底角较平整、粘贴有开裂,成有规则椭圆形	端面较平整,且部分不齐
1	外观严重破损,纸接茬不齐,偏离很大;底角棱角突出、未粘贴好且成无规则圆形	端面不平整,面参差不齐

## 2 结果与分析

### 2.1 SDH 纸包装机包装效果及稳定性

2.1.1 重量 由表 3 可知,  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  机位包装挂面的即时测定重量无显著差异;挂面放置 24 h 后,  $H_1$  机位包装挂面的重量显著高于  $H_3$  机位。与同机位即时测定重量相比, 放置 24 h 后,  $H_3$  机位包装挂面的重量显著降低(0.21%);  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  机位包装挂面平均重量显著降低(0.24%)。重量分析结果说明, SDH 包装机即时包装重量 4 个机位无显著差异;  $H_3$  机位包装挂面放置 24 h 后重量降幅较大;  $H_1$  机位包装挂面重量的变异系数相对较高。

表 3 SDH 线 4 个机位包装挂面的重量(1 000 g)及其变化<sup>†</sup>  
Table 3 Weight changes of packaged dried noodles (1 000 g) from four packaging machines in line SDH

取样位置	0 h		24 h	
	平均值/g	变异系数/%	平均值/g	变异系数/%
$H_1$	1 003.86 <sup>a1</sup> $A_1$	0.36	1 002.99 <sup>a2</sup> $A_1$	0.45
$H_2$	1 004.15 <sup>a1</sup> $A_2$	0.32	1 002.49 <sup>a2</sup> $b_2 A_2$	0.32
$H_3$	1 002.04 <sup>a1</sup> $A_3$	0.12	999.89 <sup>b2</sup> $B_3$	0.16
$H_4$	1 002.25 <sup>a1</sup> $A_4$	0.12	1 000.82 <sup>a2</sup> $b_2 A_4$	0.13
平均	1 003.07 <sup>A5</sup>	0.26	1 000.69 <sup>B5</sup>	0.18

<sup>†</sup> 同列  $a_1$  与  $b_1$ 、 $a_2$  与  $b_2$  和同行  $A_1$  与  $B_1$ 、 $A_2$  与  $B_2$ 、 $A_3$  与  $B_3$ 、 $A_4$  与  $B_4$ 、 $A_5$  与  $B_5$  表示在  $P < 0.05$  水平差异显著。

2.1.2 周长 由表 4 可知,  $H_1$ 、 $H_2$  机位包装挂面即时测定周长有显著差异。挂面放置 24 h 后,  $H_1$ 、 $H_3$  机位包装挂面的周长亦有显著差异。放置 24 h 后,  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  机位包装挂面的周长都显著降低(2.04%, 3.20%, 1.61%, 2.51%), 平均周长显著降低(2.35%)。周长分析结果说明,  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  机位包装挂面的松紧度较均匀;  $H_2$  机位包装挂面即时测定周长变异系数相对较高;  $H_4$  机位包装较紧实, 包装用材较少, 包装稳定性较高。

2.1.3 感官评价 表 5 为不同机位包装挂面的感官评分。 $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  机位包装挂面平均外观与底角评分为 1.83, 平均挂面端面感官评分为 2.15。 $H_4$  机位包装机包装挂面的

表 4 SDH 线 4 个机位包装挂面的周长及其变化<sup>†</sup>

Table 4 Perimeter changes of packaged dried noodles from four packaging machines in line SDH

取样位置	0 h		24 h	
	平均值/g	变异系数/%	平均值/g	变异系数/%
$H_1$	216.16 <sup>a1</sup> $b_1 A_1$	0.70	211.74 <sup>a2</sup> $b_2 B_1$	1.21
$H_2$	217.68 <sup>a1</sup> $A_2$	0.95	210.71 <sup>a2</sup> $b_2 B_2$	1.18
$H_3$	216.38 <sup>a1</sup> $b_1 A_3$	0.75	212.90 <sup>a2</sup> $B_3$	0.54
$H_4$	215.40 <sup>b1</sup> $A_4$	0.66	209.99 <sup>b2</sup> $B_4$	1.58
平均	216.41 <sup>A5</sup>	0.84	211.33 <sup>B5</sup>	1.25

<sup>†</sup> 同列  $a_1$  与  $b_1$ 、 $a_2$  与  $b_2$  和同行  $A_1$  与  $B_1$ 、 $A_2$  与  $B_2$ 、 $A_3$  与  $B_3$ 、 $A_4$  与  $B_4$ 、 $A_5$  与  $B_5$  表示在  $P < 0.05$  水平差异显著。

表 5 SDH 线 4 个机位包装挂面的感官评分<sup>†</sup>

Table 5 Sensory scores of packaged dried noodles from four packaging machines in line SDH

取样位置	外观与底角	挂面端面感官
$H_1$	2.30 ± 0.82 <sup>a</sup>	2.30 ± 0.48
$H_2$	2.10 ± 0.88 <sup>a</sup>	2.30 ± 0.48
$H_3$	1.70 ± 0.67 <sup>ab</sup>	1.90 ± 0.74
$H_4$	1.20 ± 0.42 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.57
平均	1.83 ± 0.81	2.15 ± 0.58

<sup>†</sup> 同列不同字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著。

外观与底角评分显著低于  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  机位。 $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  机位包装机包装挂面端面评分无显著差异。结果说明,  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  机位包装机包装挂面的外观整齐, 底角平整无开裂, 形状更似圆形; SDH 包装机包装挂面端面较齐整。

### 2.2 HNQ 纸包装机包装效果及稳定性

2.2.1 重量 由表 6 可知,  $Q_2$  机位包装挂面的即时测定重量和放置 24 h 后的重量都显著高于  $Q_1$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位。与同机位即时测定重量相比, 放置 24 h 后,  $Q_1$  机位包装挂面的重量显著降低(0.15%);  $Q_4$  机位包装挂面的重量显著降低(0.12%);  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位包装挂面平均重量显著降低(0.12%)。分析结果说明,  $Q_1$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位包装挂面的即时重量差异较小, 包装稳定性较高;  $Q_1$ 、 $Q_4$  机位包装挂面放置 24 h 后重量降幅较大;  $Q_2$  机位包装挂面重量的变异系数较高。

表 6 HNQ 线 4 个机位包装挂面的重量(1 000 g)及其变化<sup>†</sup>

Table 6 Weight changes of packaged dried noodles (1 000 g) from four packaging machines in line HNQ

取样位置	0 h		24 h	
	平均值/g	变异系数/%	平均值/g	变异系数/%
$Q_1$	1 003.34 <sup>b1</sup> $A_1$	0.07	1 001.81 <sup>b2</sup> $B_1$	0.07
$Q_2$	1 004.75 <sup>a1</sup> $A_2$	0.13	1 003.63 <sup>a2</sup> $A_2$	0.12
$Q_3$	1 003.05 <sup>b1</sup> $A_3$	0.10	1 001.98 <sup>b2</sup> $A_3$	0.11
$Q_4$	1 003.28 <sup>b1</sup> $A_4$	0.08	1 002.12 <sup>b2</sup> $B_4$	0.10
平均	1 003.60 <sup>A5</sup>	0.11	1 002.38 <sup>B5</sup>	0.12

<sup>†</sup> 同列  $a_1$  与  $b_1$ 、 $a_2$  与  $b_2$  和同行  $A_1$  与  $B_1$ 、 $A_2$  与  $B_2$ 、 $A_3$  与  $B_3$ 、 $A_4$  与  $B_4$ 、 $A_5$  与  $B_5$  表示在  $P < 0.05$  水平差异显著。

2.2.2 周长 由表 7 可知,  $Q_1$  机位包装挂面即时测定周长显著低于  $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位。挂面放置 24 h 后,  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位包装挂面的周长无显著差异。与同机位即时测定周长相比, 放置 24 h 后,  $Q_1$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位包装挂面的周长显著降低(0.74%, 1.30%, 1.15%); 平均周长显著降低(1.04%)。分析结果说明,  $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  机位包装挂面的松紧度相似, 但  $Q_2$  机位的变异系数较高。  $Q_1$  机位包装较紧实, 包装用材较少, 包装稳定性较高。

2.2.3 感官评价 表 8 为不同机位包装挂面的感官评分。

表7 HNQ线4个机位包装挂面的周长及其变化<sup>†</sup>

Table 7 Perimeter changes of packaged dried noodles from four packaging machines in line HNQ

取样位置	0 h		24 h	
	平均值/g	变异系数/%	平均值/g	变异系数/%
Q <sub>1</sub>	219.96 <sup>b1 A1</sup>	0.40	218.34 <sup>a2 B1</sup>	0.46
Q <sub>2</sub>	220.87 <sup>a1 b1 A2</sup>	1.33	218.73 <sup>a2 A2</sup>	0.57
Q <sub>3</sub>	221.76 <sup>a1 A3</sup>	0.52	218.87 <sup>a2 B3</sup>	0.43
Q <sub>4</sub>	221.19 <sup>a1 b1 A4</sup>	0.71	218.64 <sup>a2 B4</sup>	0.51
平均	220.94 <sup>A5</sup>	0.84	218.65 <sup>B5</sup>	0.75

† 同列 a<sub>1</sub>与 b<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>与 b<sub>2</sub>和同行 A<sub>1</sub>与 B<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>与 B<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>与 B<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>与 B<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>与 B<sub>5</sub>表示在 P<0.05 水平差异显著。

Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>机位包装挂面平均外观与底角评分为1.85,平均挂面端面感官评分为2.48。Q<sub>1</sub>机位包装挂面的外观与底角评分为1.40,显著低于Q<sub>1</sub>机位(2.20)。Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>机位包装挂面端面评分(2.80,2.80)显著高于Q<sub>1</sub>机位(2.10)。结果说明,Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>机位包装挂面的外观整齐,底角平整无开裂,形状更似圆形;Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>、Q<sub>4</sub>机位包装挂面端面齐整,差异较小。

表8 HNQ线4个机位包装挂面的感官评分<sup>†</sup>

Table 8 Sensory scores of packaged dried noodles from four packaging machines in line HNQ

取样位置	外观与底角	面端面感官
Q <sub>1</sub>	2.20±0.79 <sup>a</sup>	2.10±0.88 <sup>b</sup>
Q <sub>2</sub>	1.80±0.79 <sup>ab</sup>	2.20±0.79 <sup>ab</sup>
Q <sub>3</sub>	2.00±0.67 <sup>ab</sup>	2.80±0.42 <sup>a</sup>
Q <sub>4</sub>	1.40±0.84 <sup>b</sup>	2.80±0.42 <sup>a</sup>
平均	1.85±0.80	2.48±0.72

† 同列不同字母表示在 P<0.05 水平上差异显著。

### 2.3 SDH和HNQ挂面纸包装机包装效果及稳定性比较

2.3.1 重量、周长及稳定性 表9表明,SDH包装机与HNQ包装机包装挂面即时测定重量的变异系数无显著差异,即时测定周长的变异系数差异显著。SDH包装机包装挂面即时测定周长的变异系数显著高于HNQ包装机。放置24h后,SDH和HNQ包装机包装挂面的重量亦无显著差异,SDH包装机包装挂面周长的变异系数亦显著高于HNQ包装机。结果表明,与SDH包装机相比,HNQ包装机包装挂面松紧度较均匀、一致,包装质量稳定性较高。

2.3.2 感官 表10表明,SDH包装机与HNQ包装机包装挂面的外观与底角评分无显著差异;而挂面端面评分差异显著。HNQ包装机包装挂面的挂面端面评分显著高于SDH包装机。结果说明,与SDH包装机相比,HNQ包装机包装挂面的端面更齐整。

2.3.3 进一步技术改进的思路 挂面纸包装机的机械化和自动化有利于克服挂面产品形态(规格、花形)对挂面包装工艺的制约,改变传统方式的普适性、稳定性,可提高挂面包装效率。挂面包装机包装纸张自动递补装置<sup>[12]</sup>可弥补传统纸包装机需人工送纸的缺陷,提高了整机的包装速度。挂面包

表9 SDH和HNQ包装机包装挂面的重量及周长比较<sup>†</sup>

Table 9 Variances of perimeter CV and weight CV of packaged dried noodles from packaging machines in line SDH and line HNQ

放置时间/h	纸包装机	重量变异系数(CV)/%	周长变异系数(CV)/%
0	SDH	0.23±0.12 <sup>a1</sup>	0.77±0.13 <sup>a1</sup>
	HNQ	0.10±0.03 <sup>a1</sup>	0.74±0.41 <sup>b1</sup>
24	SDH	0.27±0.15 <sup>a2</sup>	1.13±0.43 <sup>a2</sup>
	HNQ	0.10±0.02 <sup>a2</sup>	0.49±0.06 <sup>b2</sup>

† 同列 a<sub>1</sub>与 b<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>与 b<sub>2</sub>表示在 P<0.05 水平差异显著。

表10 SDH和HNQ挂面纸包装机包装挂面的感官比较<sup>†</sup>

Table 10 Variance of sensory scores of packaged dried noodles from packaging machines in line SDH and line HNQ

纸包装机	外观与底角	挂面端面感官
SDH	1.83±0.81	2.15±0.58 <sup>b</sup>
HNQ	1.85±0.80	2.48±0.72 <sup>a</sup>

† 同列不同字母表示在 P<0.05 水平上差异显著。

装纸握头机<sup>[11]</sup>替代人工折边,握头封闭规整,工作效率高。一种新型的输送装置通过调节两列挡面件的阻挡面的间距,实现对挂面聚拢宽度的实时调节,可用于包装不同重量、宽度挂面的调节,具有一机多用、调节方便的特点<sup>[13]</sup>。现有的纸包装机普遍采用包装带和凹形滑槽的结构,通过调节纸张和包装带之间的相对速度,实现挂面的裹卷,其中紧实度问题是包装难点<sup>[4]</sup>。本研究亦表明随着放置时间延长,包装挂面的紧实度降低(表4、7),但改进型设备的包装紧实度和均匀性均有明显的改进。进一步提高挂面纸包装机裹卷技术以及改进裹卷装置,是提高其包装紧实度及稳定性,特别是包装机设计者应该考虑的技术问题。

即时和放置24h后挂面的重量、周长(紧实度)以及即时感官评价(外观)变化,可在一定程度上反映挂面纸包装机的包装效率及稳定性(表3~8)。不同型号包装机包装挂面的即时评价指标反映了纸包装机的包装效果。周长越小,包装越紧实;感官评分越高,包装外观越易被消费者接受。同一型号不同机位包装机包装挂面的评价指标以及即时和放置24h后包装挂面的评价指标反映了纸包装机的包装工艺能力和包装产品质量的稳定性。同一型号不同机位包装机包装挂面的评价指标差异显著,以及放置24h后评价指标显著变化表明包装稳定性较差,仍有一定的改进空间。

结合前人研究<sup>[4,15]</sup>以及本研究结果,裹卷技术、封尾装置是挂面机械自动化包装的技术关键。裹卷技术与包装紧实度等密切相关;封尾装置直接影响挂面端面和折角的美观度<sup>[16]</sup>。目前挂面纸包装技术和包装效率的提升,还需进一步创新或改善裹卷技术、封尾装置,分析二者的因果关系,再次验证和评价改进效果。

## 3 结论

(1) 通过关键技术改进,HNQ包装机重量准确,各机位  
(下转第114页)

且视食品细胞内外溶液体系为水和溶质二元系统。今后需要考虑细胞溶液的多元结构以及冰晶生长的其他模式,进行多元结构多模式冰晶生长模拟。

### 参考文献

- [1] 梁红, 宋晓燕, 刘宝林. 冷藏期间温度波动对牛肉冰晶增长的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(6): 193-196.
- [2] 伍志权, 李唯正, 何鑫平, 等. 荔枝速冻保鲜技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(9): 206-212.
- [3] 王冉冉, 蒋子敬, 李金妹, 等. 速冻联合低温贮藏处理对切块紫甘蓝保鲜的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(7): 38-43.
- [4] 张淑媛, 伍晓聪, 金文萃, 等. 低功率微波处理对板栗低温贮藏生理及品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 119-123.
- [5] LIU Jie, ZHU Chong-qin, LIU Kai, et al. Distinct ice patterns on solid surfaces with various wettabilities[J]. PNAS, 2017, 114(43): 11 285-11 290.
- [6] EGGLESTON J J, MCFADDEN G B, VOORHEES P W. A phase-field model for highly anisotropic interfacial energy [J]. Physica D, 2001, 150(1/2): 91-103.
- [7] XIAO Rong-zhen, WANG Zhi-ping, ZHU Chang-sheng, et al. Influence of anisotropy on dendritic growth in binary alloy with phase-field simulation[J]. ISIJ International, 2009, 49(8): 1 156-1 160.
- [8] 袁训锋, 丁雨田. 强界面能各向异性下 Ni-Cu 合金枝晶生长过程的相场法模拟[J]. 中国有色金属学报, 2011, 21(7): 1 656-1 663.
- [9] 袁训锋, 丁雨田. 相场法模拟强各向异性作用下二元合金枝晶生长[J]. 中国有色金属学报, 2011, 21(9): 2 216-2 222.
- [10] CHEN Zhi, CHEN Chang-le, HAO Li-mei. Numerical simulation of facet dendritic growth in a forced flow[J]. Can J Phys, 2009, 87(2): 117-123.
- [11] CHEN Zhi, HAO Li-mei, CHEN Chang-le. Simulation of face-

ted dendrite growth of non-isothermal alloy in forced flow by phase field method[J]. J Cent South Univ Technol, 2011, 18 (6): 1 780-1 788.

- [12] CHEN Zhi, CHEN Pei, GONG He-he. Phase field method simulation of faceted dendrite growth with arbitrary symmetries[J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 2018, 28 (2): 290-297.
- [13] YUAN Xun-feng, LIU Bao-ying, LI Chun, et al. Phase field model for strong interfacial energy anisotropy of HCP materials[J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 2014, 24(9): 2 911-2 919.
- [14] YUAN Xun-feng, LIU Bao-ying, LI Chun, et al. Simulation of facet dendrite growth with strong interfacial energy anisotropy by phase field method[J]. J Cent South Univ Technol, 2015, 22(3): 855-861.
- [15] 李方方, 刘静, 乐恺. 细胞尺度冰晶生长行为的相场数值模拟[J]. 低温物理学报, 2008, 30(2): 171-175.
- [16] 陈梅英, 卓艳云, 冯力, 等. 各向异性强度对冷冻浓缩过程冰晶生长影响的相场法模拟[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(3): 197-202.
- [17] 田妍基, 陈锦权, 陈梅英. 界面厚度对果汁等温结晶冰晶生长影响的相场法模拟[J]. 福建农业学报, 2016, 31(9): 975-980.
- [18] 陈梅英, 冯力, 欧忠辉, 等. 基于相场法的液态食品冷冻浓缩冰晶生长数值模拟[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 231-237.
- [19] 陈梅英, 冯力, 欧忠辉, 等. 果汁等温结晶过程冰晶生长的相场法模拟[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(6): 192-197.
- [20] 袁训锋, 景伟强. 界面各向异性影响冰晶生长的相场法研究[J]. 低温与超导, 2014, 42(5): 70-73.
- [21] 王明华. 五边形结构的水[J]. 水资源研究, 2011(1): 42.
- [22] BURTON W K, CABRERA N, FRANK F C. The growth of crystals and the equilibrium structure of their surfaces[J]. Phil Trans R Soc, 1951, 243(866): 299-358.

(上接第 82 页)

无显著差异,稳定性较高。挂面周长变异系数小,稳定性较高;挂面端面感官效果较好。

(2) 重量、周长、外观与底角,以及端面感官评分可作为纸包装挂面包装效果的主要评价指标。

(3) 裹卷技术、封尾装置等的进一步改进和开发,可能是显著提升挂面自动化纸包装机的包装效果及质量稳定性的研究方向。

### 参考文献

- [1] LIU Rui, WEI Yi-min, ZHANG Bo, et al. The consumption behavior and consumer perception toward dried Chinese noodle in Beijing[J]. Asian Journal of Agriculture & Food Sciences, 2013, 1(3): 73-78.
- [2] 刘锐, 魏鑫民, 张影全. 中国挂面产业与市场研究[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015: 16-27.
- [3] 青岛海科佳电子设备制造有限公司. 挂面包装材料与包装设备的发展[J]. 中外食品, 2010(6): 84-86.
- [4] 刘凡, 张永林. 挂面自动包装技术的研发现状[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 269-271.
- [5] 郭超, 付君, 杜晓洋, 等. 挂面包装机包卷装置的设计与研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 87-89.

- [6] 李保军. 一种挂面包装机: 中国, 02269984. 8[P]. 2003-10-01.
- [7] 周广山, 潘松峰, 王瑞奇. 一种挂面包装机控制系统的设计与开发[J]. 青岛大学学报: 工程技术版, 2013, 28(3): 89-92.
- [8] 田春生, 高荣华, 赵扬胜. 挂面捆扎包装的实现[J]. 包装与食品机械, 2004, 22(5): 19-20.
- [9] 付君, 郭超, 孙海霞, 等. 基于 PLC 的挂面称重控制的设计[J]. 农业装备与车辆工程, 2010(1): 50-52.
- [10] 付君, 郭超, 田青松. 新型挂面包装机的输送和称重设计[J]. 农业装备与车辆工程, 2009(11): 38-40.
- [11] 宗向东, 付俊辉. 挂面包装纸握头机: 中国, 201310456421.0[P]. 2014-01-01.
- [12] 宗向东, 付俊辉, 王永党. 挂面包装机包装纸张自动递补装置: 中国, 201310403510.9[P]. 2014-01-01.
- [13] 宗向东, 曾志军, 付俊辉, 等. 一种挂面输送装置及挂面包装生产线: 中国, 201711409306.2[P]. 2018-05-11.
- [14] 张巍. 后段包装自动化突破挂面行业瓶颈青岛海科佳自主研发的挂面全自动包装机通过专家鉴定[J]. 食品与机械, 2010, 26 (4): 1-2.
- [15] 尹强, 彭辉, 张国全, 等. 碱面条自动化生产关键工艺研究及装置设计[J]. 食品工业, 2018, 39(3): 217-219.
- [16] 郑晓秋. 用于挂面纸包装封尾机胶带粘装置的设计与研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2015: 2-4.